

# 面向 VFD 显示的工业称重仪表开关电源设计

章明, 刘敏东, 江灏, 蔡建立

(厦门大学 信息科学与技术学院, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 针对 VFD 显示的工业称重仪表供电的需求, 该文设计一种开关电源。该电源产生基本的多路输出, 其中一路为反馈确保电压稳定, 各路输出通过电路转换得到更为精确的电压, 不仅为工业称重仪表的主控板、设定显示板安全和稳定地供电, 而且解决了传统 VFD 交流供电体积大的问题。实验结果表明, 所设计开关电源性能指标高, 是可靠合理、高效的电源。

**关键词:** 称重仪表; 开关电源; 主控板; VFD

中图分类号: TP17 文献标识码: A 文章编号: 1009-3044(2009)10-2773-02

## Power Supply Design for the Industrial Weighing Instrument Using VFD Display

ZHANG Ming, LIU Tun-dong, JIANG Hao, CAI Jian-li

(College of Information Science and Technology, Xiamen University, Xiamen 361005)

**Abstract:** Aiming at power supply of the industrial weighing instrument, vacuum fluorescent display is chosen to show, a kind of the switch power supply that is designed in this paper supplies several outputs, one of which is used as feedback to ensure voltage stability, the more accurate voltages which come from outputs' circuit conversion can provide power safely and stably for main-board, setting and display board of industrial weighing instrument, and avoid traditional AC power supply for VFD. The experiment shows that the designed switching mode power supply has the characteristics of good performance, is a steady, reliable and highly efficient.

**Key words:** weighing instrument; switch mode power supply; main-board; VFD

## 1 引言

用于定量包装生产的工业称重仪表常采用 LED 显示, 使得仪表的功能受限, 不能满足工业生产上的要求, 而采用显示内容丰富真空荧光显示屏(VFD), 使仪表的市场前景非常广阔。传统的对 VFD 供电方法采用交流供电, 需要变压器, 这加大了电源板的体积; 本设计采用直流供电, 灯丝两端用压差为 3.3V 直流驱动, 而它们由开关电源的基本输出转换而成, 开关电源经过几十年的发展, 朝着体积小, 效率高的方向发展; 本文设计避免了采用笨重的工频变压器, 并利用 PI 公司新推出的第四代 TOPSwitch 系列芯片和较小的滤波元器件, 使开关电源体积很大程度减小。

同时考虑主控板电压需求后, 为保证控制板和显示板的都稳定的工作, 对称重仪表的电源板作出合理的分析和设计, 单片开关电源效率高、外围电路简单并且实现 5 路输出, 本文利用 PI EXPERT6.5 软件辅助设计, 生成关键参数作为参考, 设计出满足称重仪表的多路稳定的电压要求的电路。

## 2 开关电源设计基本结构

本文开关电源用的是 PWM 方式, 即在频率一定的情况下通过改变脉冲宽度来调节占空比<sup>[1]</sup>。开关电源利用体积很小的高频变压器来实现电压转换及电网隔离的, 而且外围电路简单、效率高、稳定可靠。开关电源的功率调整器件处于开关工作状态, 效率比线性电源高<sup>[2]</sup>。

选用 TOPSwitch-GX 系列产品的 TOP245Y 设计的单片开关电源输入交流 85V~265V, 如图 1 所示, 经过电网滤波、整流滤波, 钳位保护、高频变压器, 再经过二次侧整流滤波电路得到初始基本输出为 9V/0.4A、9V/0.3A、-36V/0.3A、24V/0.3A、12V/0.5A; 再经过电路转换为所需电压, 其中, 选择 9V/0.4A 作为取样反馈, 经过光耦和 TOP245Y 为主的元器件到钳位保护电路, 从而保证了输出的稳定性。

电网滤波用来抑制接入电网与开关电源的相互干扰; 整流滤波是通过整流桥将来自电网的交流电转化为直流电; 钳位保护电路主要是通过 P6KE200A 和 UF4007 反向串联来防止变压器的感应电压过高; 变压器是整个开关电源最为关键的部分, 它同时实现了电网隔离、能量存储和电压转换的功能<sup>[3]</sup>。二次侧整流滤波将交流电转换为直流电, 并电压中的纹波成分尽可能除掉<sup>[4]</sup>。

### 2.1 多路输出式高频变压器的设计

变压器选用 EEL22 类型的磁芯, 通过计算(具体计算方法可参考参考文献[3], 也可结合计算机辅助软件 PI EXPERT6.5 得到可供参考的参数), 初级电感量为 390 $\mu$ H, 一级绕组为 50 匝, 偏置绕组为 6 匝, 9V/0.4A、9V/0.3A、-36V/0.3A、24V/0.3A、12V/0.5A 这几路输出分别对应的线圈匝数为 3 匝、3 匝、12 匝、8 匝、4 匝(变压器绕制方法参考参考文献[5])。

### 2.2 TOPSwitch-GX 芯片的选择

TOPSwitch-GX 芯片是 TOP 开关稳压器第四代产品, 当开关电源负载很轻时, 能将开关频率从 132kHz 降低到 30kHz, 可降低开减损耗<sup>[6]</sup>。本设计理论上可采用 TOP244Y、TOP245Y、TOP246Y 这三种芯

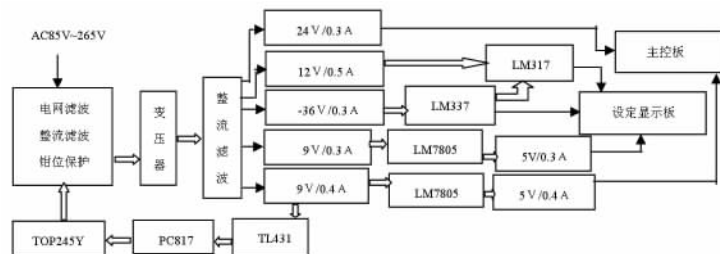


图 1 开关电源基本架构

片,通过大量的实验分析,如选用 TOP244Y,散热会严重影响开关电源的寿命,若选用 TOP245Y、TOP246Y 可以很好的解决这个问题,但 TOP246Y 的裕量过大,本设计选用了 TOP245Y,既留有一定裕量,又满足了设计要求,易于安装和散热。TOPSwitch-GX 芯片在实际工作过程中需要使用散热器,散热面积要足够大<sup>[7]</sup>。

2.3 反馈电路的设计

反馈电路如图 2 所示,所采用的主要元件是三端可编程并联稳压二极管 TL431 和光耦 PC817,反馈电路的工作原理是当被选定当作反馈的一个输出电压 9V/0.3A 发生改变时,经过阻值为 10K 和 26.1K 的电阻分压后得到的取样电压就与 2.5V 基准电压进行比较,从而导致发光二极管的工作电流也发生变化,光耦引起 TOP245Y 的控制端电流的大小变化,调节的输出占空比,使输出电压趋于稳定<sup>[8]</sup>。

2.4 生成主控板和设定显示板所需电压+5V 电压

主控板上是实现 A/D 转换,需要精准的+5V 作为电压,而为了保证主控板的 A/D 转化不受设定显示板负载变化的影响,所以先由开关电源电路产生 9V 左右稳定电压(若不是主反馈电压,电压会随着负载大小有很小的变化),然后均由稳压芯片 LM7805 来稳压,得到主控板需求的+5V 电压;光耦输出需要的的+24V 电压直接由二次侧整流滤波得到。设定显示板所需的+5V 电压和主控板所需+5V 电压的得到的方式是相同的。

2.5 开关电源抗干扰设计

在交流电源的进线端接一 104 电容,既可抑制来自电网的干扰,也可抑制开关电源对电网的干扰。在 P6KE200A 正极与开关电源主输出的地之间接电容,滤除变压器一次、二次绕组耦合电容产生的共模干扰<sup>[8-9]</sup>。在开关电源输出端会出现频率很高的尖峰干扰,为克服输出电压中的尖峰,要在输出端加一电感值很小的电感<sup>[10]</sup>。

3 VFD 显示供电设计

3.1 VFD 显示供电需求分析

VFD 显示屏由栅极、阳极电压和灯丝(阴极)构成,对灯丝电压驱动可分为交流驱动和直流驱动。交流驱动需要笨重的变压器,且容易受到电网的影响,本文采用直流驱动方式对 VFD 供电,灯丝之间要加入压差为 3.3V 的电压,但 VFD 的驱动单靠单片机很难满足其要求,本文采用专用的驱动芯片 STF1630EN 解决了这个问题,直接静态驱动 VFD。VFD、STF1630EN 和单片机的应用线路图如图 3 所示,同时还需要对 STF1630EN 提供+5V、0V 和-30V 电压。

3.2 VFD 显示供电实现

前面得到开关电源基本电压输出-36V,如电路图 4 所示将生成的-36V 作为输入,其中 R12 的阻值一般采用 120 欧姆,R10 的阻值通过精确计算需采用 2.76 千欧电阻,经过 LM337 即可转化成所需的-30V,提供给 VFD 的驱动芯片 STF1630;-30V 再由稳压管压升高 4.7V,加上电阻压降后提供所需-25V 电压。如图 4 所示将-25V 电压通过 LM317 转化成所需的-21.7V 电压,其中 R13 和 R11 的阻值分别为 240 欧姆和 390 欧姆。这样就可可在灯丝之间加入压差为 3.3V 并且可以至少提供 145mA 电流的稳定直流电压。

4 实验数据分析

为了验证电源的稳定性,经过了多项测试,主反馈经过 LM7805 后的电压 U1,9V/0.3A 经 LM7805 后的电压 U2,随负载的变化如下表 1 所示,完全符合需求。

主反馈的精确、稳定保证了其它路电压也很稳定且符合要求,经检测,能稳定地给 VFD 灯丝两端提供 3.3V 的压差,VFD 显示很均匀;各项电压均满足工业称重仪表的主控板和设定显示板的需求,完全能保证仪表正常工作。

5 结束语

本文针对所设计带有 VFD 显示屏的工业称重仪表,基于 TOPSwitch-GX 芯片的单片开关电源设计出独特的供电方案,设计中不仅保证主控板和设定显示板的电压和功率要求,而且留有一定的裕量,克服了传统工频变压器效率低,体积大的缺点。在各个组成部分实现过程中,都是经过较严格的分析和测试,保证电路的严谨、电路性能的优化,开关电源部分能够达到开关电源性能指标,整个供电方案设计出的电压和功率能够稳定可靠的供应工业称重仪表的主控板和设定显示板。

参考文献:

[1] 沙占友,许云峰,王彦朋,张妍.单片开关电源计算机辅助设计软件与应用[M].北京:机械工业出版社,2007,6. (下转第 2776 页)

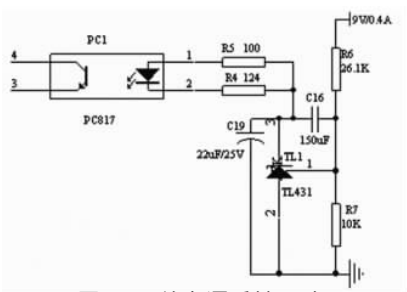


图 2 开关电源反馈回路

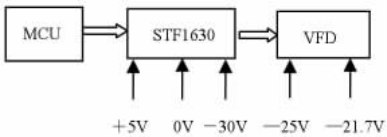


图 3 应用线路图

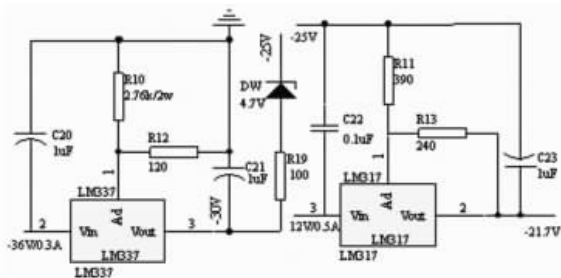


图 4 电压转换图

表 1 电压实验记录

负载		100 欧	200 欧	300 欧	500 欧	800 欧	1500 欧
AC220V	电压 U1	5.00V	5.00V	5.01V	5.01V	5.01V	5.03V
	电压 U2	4.99V	5.00V	5.00V	5.00V	5.01V	5.02V
AC110V	电压 U1	4.98V	4.99V	5.00V	5.00V	5.00V	5.01V
	电压 U2	4.98V	4.98V	4.99V	5.00V	5.01V	5.04V

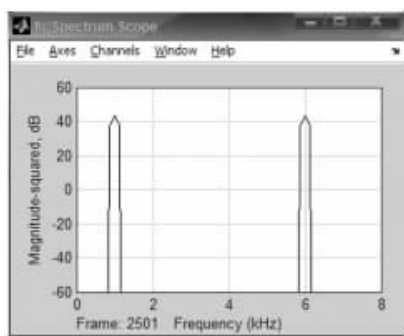


图3 滤波前的频谱

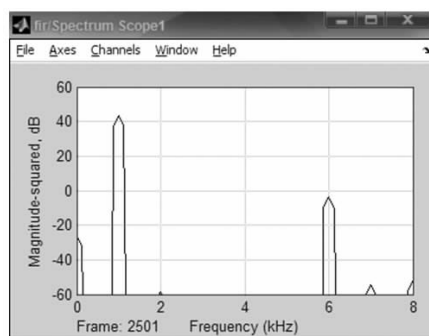


图4 滤波后的频谱

#### 4 数字滤波器的 Modelsim 功能仿真

系统仿真通过以后,我们运用 Synplify Dsp 工具箱的工具获得数字滤波器的 HDL 模型,并调用 Modelsim 进行硬件的协同验证,确认 HDL 模型与系统模型是功能一致。

在输入同样的激励信号之后,我们可以观察到与图3,图4一样的结果。

#### 5 结束语

用 Synplify Dsp 工具箱进行数字滤波器的设计,可以避免传统的硬件模块验证是由硬件验证开发人员编写 Testbench 对硬件模块进行测试和验证这样一个过程,无疑提高了设计的效率和稳定性。

#### 参考文献:

- [1] 张森,伏云昌.基于 DSP Builder 的 14 防 FIR 滤波器的设计[J].现代电子技术,2007,30(21):185-186.
- [2] 王小伟.基于 DSP Bulider 二维 DCT 实现[J].现代电子技术,2008,31(14):142-143.
- [3] 谭会生.EDA 技术综合应用实例与分析[M].西安:西安电子科技大学出版社,2004.
- [4] 姚俊,马松辉.SIMULINK 建模与仿真[M].西安:西安电子科技大学出版社,2002.

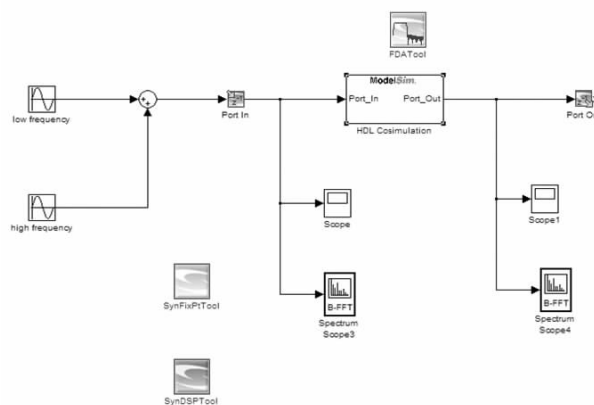


图5 数字滤波器的硬件仿真图



孙大鹰(1983-),男,江苏海安人,硕士研究生,研究方向: SOC 设计与研究。

(上接第 2774 页)

- [2] 侯振义.直流开关电源技术及应用[M].北京:电子工业出版社,2006,4.
- [3] 沙占友.新型单片开关电源设计与应用技术(第2版)[M].北京:电子工业出版社,2004,10.
- [4] 何希才.稳压电源电路的设计与应用[M].北京:中国电力出版社,2006,2.
- [5] Marty Brown,著.徐德鸿,沈旭,杨成林,周邓燕,译.开关电源设计指南[M].北京:北京机械工业出版社,2004,5.
- [6] 黄继昌,全庆居,乔苏文,张海贵,徐巧鱼.电源专用集成电路及其应用[M].北京:人民邮电出版社,2006,6.
- [7] 倪海东,蒋玉萍.开关电源专用电路设计与应用[M].北京:中国电力出版社,2008,1.
- [8] 沙占友,马洪涛,王书海,于国庆,等.特种集成电源设计与应用[M].北京:中国电力出版社,2007,1.
- [9] 沙占友,王彦朋,周万珍.单片开关电源最应用技术[M].北京:机械工业出版社,2006,1.
- [10] 周志敏,周纪海,纪爱华.开关电源实用技术——设计与应用[M].北京:人民邮电出版社,2007,8.

章明(1984-),男,厦门大学自动化系控制理论与控制工程专业研究生,主要研究方向:嵌入式智能信息处理与控制。